

P21827.P02

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Kenji SASAKI et al.

Appl No. : Not Yet Assigned  
(National Stage of PCT/JP00/04693)  
I.A. Filed : 13 July 2000

PCT Branch

For : PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

**CLAIM OF PRIORITY**

Commissioner of Patents and Trademarks

Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicant hereby claims the right of priority granted pursuant to 35 U.S.C. 119 based upon Japanese Application Nos. 11-203080, filed July 16, 1999; 11-203081, filed July 16, 1999; 11-257035, filed September 10, 1999, 11-272391, filed September 27, 1999; 2000-164285, filed June 1, 2000; and 2000-164286, filed June 1, 2000. The International Bureau already should have sent certified copies of the Japanese applications to the United States designated office. If the certified copies have not arrived, please contact the undersigned.

Respectfully submitted,  
Kenji SASAKI et al.

December 31, 2001  
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.  
1941 Roland Clarke Place  
Reston, VA 20191  
(703) 716-1191

*Leslie J. Papernan Reg 16*  
Bruce H. Bernstein  
Reg. No. 29,027 33,329

10.08.00

JP 00/1692 日本国特許庁  
EKU PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 7月16日

RECD 03 OCT 2000

WIPO

PCT

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第203080号

出願人  
Applicant(s):

松下電器産業株式会社  
松下冷機株式会社

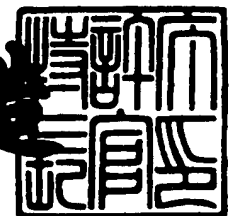
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 9月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3073404

【書類名】 特許願

【整理番号】 2501010011

【提出日】 平成11年 7月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02K 1/27

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 佐々木 健治

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府東大阪市高井田本通4丁目2番5号 松下冷機株式会社内

【氏名】 田村 輝雄

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000004488

【氏名又は名称】 松下冷機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

---

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【包括委任状番号】 9810113

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 自己始動形永久磁石式同期電動機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定子鉄心に巻線を巻装した固定子と、前記固定子鉄心の内径円筒面に対向して回転自在に回転し、回転子鉄心の外周付近に設けた複数のスロットに導体バーを配設して、前記導体バーの両端を短絡環で短絡して形成した始動用かご形導体を有するとともに、前記導体バーの内側に複数の永久磁石埋め込み用穴を設けて、永久磁石を埋め込んだ回転子とからなる電動機であって、前記回転子鉄心の、永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する隣り合う前記スロットの間の距離を、前記回転子磁極の中心付近に位置する前記距離よりも小さくしたことを特徴とする自己始動形永久磁石式同期電動機。

【請求項 2】 永久磁石による回転子磁極の中心付近から回転方向側に位置する隣り合うスロットの間の距離を、反回転方向側に位置する前記距離よりも大きくしたことを特徴とする請求項 1 記載の自己始動形永久磁石式同期電動機。

【請求項 3】 固定子鉄心に巻線を巻装した固定子と、前記固定子鉄心の内径円筒面に対向して回転自在に回転し、回転子鉄心の外周付近に設けた複数のスロットに導体バーを配設して、前記導体バーの両端を短絡環で短絡して形成した始動用かご形導体を有するとともに、前記導体バーの内側に複数の永久磁石埋め込み用穴を設けて、永久磁石を埋め込んだ回転子とからなる電動機であって、前記スロットの径方向長さを箇所によって異なる寸法とするとともに、前記永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、前記回転子の他の箇所に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離よりも小さくしたことを特徴とする自己始動形永久磁石式同期電動機。

【請求項 4】 回転子鉄心のスロットと永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、永久磁石による回転子磁極の端付近から回転子磁極の中心に向けて順次大きくしたことを特徴とする請求項 3 記載の自己始動形永久磁石式同期電動機。

【請求項 5】 永久磁石が希土類磁石で形成されていることを特徴とした請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の自己始動形永久磁石式同期電動機。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、冷凍空調機器用電動圧縮機やその他の一般産業用に使用される自己始動形永久磁石式同期電動機に関するものである。

【0002】

## 【従来の技術】

自己始動形永久磁石式同期電動機は、始動時には回転子の始動用かご形導体により誘導電動機として作動し、回転子が同期速度付近に達すると永久磁石がつくる回転子磁極によって同期速度に引き込まれて同期速度に入るが、定速度運転性および高効率性等優れた性能を有しているため一般産業用その他に広く使用されており、特に電動機の回転子構造についてはさまざまな改良が施されてきた。

【0003】

従来の自己始動形永久磁石式同期電動機の回転子は一般的に、特公昭59-23179号公報に示されているものがある。以下、図面を参照しながら上記従来の自己始動形永久磁石式同期電動機を説明する。

【0004】

図6は2極の例を示すものである。1は回転子、2は回転子鉄心であり、回転子鉄心2の外周付近に設けた複数個のスロット3に導体バー4を配設し、前記導体バー4の両端を短絡環で短絡して始動用かご形導体を形成している。短絡環は図示はしないが、回転子鉄心の軸方向の両端に配置された環状の導電性材料よりなり、各々の導体バー4に接続されている。また前記導体バー4の内側に複数個の永久磁石埋め込み用穴5が設けられ、永久磁石6が埋め込まれている。7は永久磁石の異極間の磁束短絡防止用スリットであり、前記磁束短絡防止用スリット7と永久磁石埋め込み用穴5との間の距離Pを十分狭くすることにより、前記永久磁石埋め込み用穴5と前記磁束短絡防止用スリット7との間を磁気飽和させ、永久磁石による異極間の磁束短絡を防止するように構成されている。

【0005】

従来、回転子鉄心2の隣り合うスロット4の間の距離T1は各々の箇所で一定

の大きさであった。また、スロット 4 の径方向長さ  $H_1$  も一定であり、回転子鉄心 2 がこのような形状の場合、回転子磁極の端付近に位置する隣り合うスロットの間の距離  $T$  やスロット 3 と永久磁石埋め込み用穴 5 の間の距離  $Y_1$  は十分広い磁路幅を有しているため、永久磁石 6 から涌出する磁束は、回転子磁極の端付近の外周面にも他の箇所の外周面とほぼ同程度に流出することになる。その結果、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は、図 7 に示すように縦軸に磁束密度  $B_g$  を表わし横軸に回転子磁極の極間を原点としたときの空隙部の回転方向の角度  $\theta$  を表わした場合に、矩形波となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

以上のような従来の自己始動形永久磁石式同期電動機においては、回転子鉄心の全てのスロットの間の距離が一定であり、且つ全てのスロットの径方向長さも一定であるため固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布は矩形波となる。一般に、永久磁石による回転子磁極の強さは、電動機に電圧を印加しない状態で、回転子を外部から回転させたときに固定子の巻線に誘起される電圧の大きさを測定することにより相対的に把握することができる。

【0007】

ここで固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布の形状と回転子磁極による固定子巻線の誘起電圧との関係を 2 極の自己始動形永久磁石式電動機を例にとって説明する。

【0008】

空隙部の磁束密度分布  $B_g(\theta)$  が矩形波  $B_{g1}(\theta)$  の場合を図 7 に、台形波  $B_{g2}(\theta)$  の場合を図 8 に示す。縦軸は空隙部の磁束密度  $B_g$ 、横軸は回転子磁極の極間を原点としたときの空隙部の回転方向の角度  $\theta$  である。図 7 において  $B_{g1m}$  は  $B_{g1}(\theta)$  の最大値であり  $B_{g1}(\theta)$  は式 (1) と式 (2) で表わされる。

【0009】

【数 1】

$$B_{g1}(\theta) = B_{g1m} \quad (0 \leq \theta \leq \pi \text{ の時}) \quad (1)$$

【0010】

【数2】

$$Bg1(\theta) = -Bg1m \quad (\pi \leq \theta \leq 2\pi \text{ の時}) \quad (2)$$

【0011】

図8において  $Bg2m$  は  $Bg2(\theta)$  の最大値であり、 $\theta = 0$  からの  $Bg2(\theta)$  の傾き角度を  $\alpha$  とすると  $Bg2(\theta)$  は式(3)、式(4)、式(5)で表わされる。

【0012】

【数3】

$$Bg2(\theta) = \theta \tan \alpha \quad (0 \leq \theta \leq Bg2m/\tan \alpha \text{ の時}) \quad (3)$$

【0013】

【数4】

$$Bg2(\theta) = Bg2m \quad (Bg2m/\tan \alpha \leq \theta \leq \pi - Bg2m/\tan \alpha \text{ の時}) \quad (4)$$

【0014】

【数5】

$$Bg2(\theta) = -\theta \tan \alpha + \pi \tan \alpha \quad (\pi - Bg2m/\tan \alpha \leq \theta \leq \pi \text{ の時}) \quad (5)$$

【0015】

なお、永久磁石の磁束は回転子内部の磁束短絡は無く全ての磁束が固定子鉄心に流入するものとする。従って空隙部の磁束密度分布の波形の形状に拘わらず固定子に流入する磁束の量は一定であり1極当たりの波形の面積は同じとし式(6)で表わされる。

【0016】

【数6】

$$Bg1m\pi = Bg2m\left(\pi - \frac{Bg2m}{\tan \alpha}\right) \quad (6)$$

【0017】



固定子巻線は1極に相当する範囲に分布して配置されるが、等価的に1極に相当する回転方向の角度 $\pi$ の幅に集中して配置され巻数を $n$ と考える。回転子磁極が角速度 $\omega$ で回転している時の巻線の中を通る磁束量 $\phi(t)$ は式(7)で表わされる。

【0018】

【数7】

$$\phi(t) = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} B_g(\theta) d\theta \quad (7)$$

【0019】

空隙部の磁束密度分布 $B_g(\theta)$ が矩形波 $B_{g1}(\theta)$ の場合の磁束量 $\phi_1(t)$ は、式(7)の $B_g(\theta)$ に式(1)と式(2)の $B_{g1}(\theta)$ を代入することにより図9に示すような波形となる。台形波 $B_{g2}(\theta)$ の場合の磁束量 $\phi_2(t)$ は、式(7)の $B_g(\theta)$ に式(3)と式(4)と式(5)の $B_{g1}(\theta)$ を代入することにより図10に示すような波形となる。図9と図10の縦軸は磁束量 $\phi$ で横軸は時間 $t$ である。

固定子巻線に誘起される誘起電圧波形 $V(t)$ は式(8)で表わされる。

【0020】

【数8】

$$V(t) = -n \frac{d}{dt} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} B_g(\theta) d\theta = -\omega n (B(\theta + \pi) - B(\theta)) \quad (8)$$

【0021】

空隙部の磁束密度分布が矩形波 $B_{g1}(\theta)$ の場合の誘起電圧波形 $V_1(t)$ を図11に、台形波 $B_{g2}(\theta)$ の場合の誘起電圧波形 $V_2(t)$ を図12に示す。図11と図12の縦軸は誘起電圧 $V(t)$ で横軸は時間 $t$ である。

【0022】

誘起電圧 $V$ とは誘起電圧波形の実効値を表わしており、式(9)で表わされる

【0023】

【数 9】

$$V = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi V^2(t) dt} \quad (9)$$

【0024】

ここで式(8)を式(9)に代入すると誘起電圧Vは式(10)で表わされる

【0025】

【数 10】

$$V = \sqrt{\frac{\omega^2 n^2}{\pi} \int_0^\pi (B(\theta + \pi) - B(\theta))^2 d\theta} \quad (10)$$

【0026】

空隙部の磁束密度分布が矩形波  $B_{g1}(\theta)$  の場合の誘起電圧  $V_1$  は式(10)に式(1)と式(2)を代入することにより式(11)で表わされる。

【0027】

【数 11】

$$V_1 = 2\omega n B_{g1m} \quad (11)$$

【0028】

空隙部の磁束密度分布が台形波  $B_{g2}(\theta)$  の場合の誘起電圧  $V_2$  は式(10)に式(3)と式(4)と式(5)を代入することにより式(12)で表わされる。

【0029】

【数 12】

$$V_2 = 2\omega n B_{g2m} \sqrt{1 - \frac{4B_{g2m}}{3\pi \tan \alpha}} \quad (12)$$

【0030】

$V_2$  は図 8 の角度  $\alpha$  の関数であり図 13 に示す。 $\alpha = \pi/2$  のとき  $V_2$  は式(11)と同じ値になり、図 13 において  $\alpha = \pi/2$  の時は空隙部の磁束密度分布が矩形波の誘起電圧を示しているといえる。図 8 より空隙部の磁束密度分布が台形波の場合は  $\alpha$  が  $\pi/2$  より小さいことから、図 13 より空隙部の磁束密度分布が

矩形波の場合の誘起電圧は台形波の場合の誘起電圧より低いことがわかる。

## 【0031】

また、空隙部の磁束密度分布が正弦波近似の場合の誘起電圧は式（9）で同様に表わされ、空隙部の磁束密度分布が矩形波の場合の誘起電圧は正弦波近似の場合の誘起電圧より低いといえる。従って空隙部の磁束密度分布が矩形波の場合は、回転子磁極が弱いため脱調トルクが小さくなるとともに、且つ固定子巻線の電流が大きくなり効率が低下することとなる。そこで所要の誘起電圧を得るためには永久磁石を大きくするか、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用する必要があるため、永久磁石のコストが高くなり、電動機のコストも高くなるという課題があった。

## 【0032】

本発明は上記の課題を解決するもので、固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布を台形波または正弦波近似にすることによって固定子の巻線に誘起される電圧を大きくすることができることにより、永久磁石を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用せずに、高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機を提供することを目的とする。

## 【0033】

## 【課題を解決するための手段】

この目的を達成するために本発明は、回転子鉄心の、永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する隣り合うスロットの間の距離を、前記回転子磁極の中心付近に位置する前記距離よりも小さくしたものである。

## 【0034】

このことにより回転子磁極の端付近では、永久磁石の磁束が回転子の外周面に流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面により多く流出することになる。そのため、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができ、回転子磁極が強くなるので従来のように所要の誘起電圧を得るために永久磁石の体積を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用したり

しないでも、所要の脱調トルクや高い効率を持つ高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機とすることができる。

## 【0035】

また、本発明は永久磁石による回転子磁極の中心から回転方向に位置するスロットの間の距離を反回転方向側に位置するスロットの間の距離に比べて広くしたものである。

## 【0036】

このことにより、負荷運転時には固定子の巻線による磁束と永久磁石による磁束との合成磁束の回転子表面における分布の最大値は回転子磁極の中心より回転方向側に位置するが、前記位置の磁束が通る回転子のスロットの間の距離を大きくしたため、その部分の磁気飽和を防ぐことができる。その結果、回転子から磁石による磁束を十分取り出せるので、固定子巻線の電流を抑制でき、電動機の効率を向上させることができる。

## 【0037】

また、本発明はスロットの径方向長さを箇所によって異なる寸法とするとともに、永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する前記スロットと永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、回転子の他の箇所に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離よりも小さくしたものである。

## 【0038】

このことにより、永久磁石から涌出する磁束が回転子磁極の端付近の外周面には流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面により多く流出することになる。そのため、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができ、回転子磁極を強くすることができるので、従来のように所要の誘起電圧を得るために永久磁石の体積を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用したりしないでも、所要の脱調トルクや高い効率を持つ高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機とすることができる。

## 【0039】

また、本発明は永久磁石が希土類磁石で形成されているものである。希土類磁石は残留磁束密度が高いので、永久磁石の体積を著しく小さくできるため、回転子のスロット形状や永久磁石埋め込み用穴の位置や寸法の設定の自由度が増して、最適な回転子鉄心の形状が得られやすく、回転子または電動機を小型軽量化することができる。また、永久磁石の保磁力が大きいため、始動電流による大きな減磁界に対して容易に減磁を防ぐことができる。

## 【0040】

## 【発明の実施の形態】

本発明の請求項1に記載の発明は、固定子鉄心に巻線を巻装した固定子と、前記固定子鉄心の内径円筒面に対向して回転自在に回転し、回転子鉄心の外周付近に設けた複数のスロットに導体バーを配設して、前記導体バーの両端を短絡環で短絡して形成した始動用かご形導体を有するとともに、前記導体バーの内側に複数の永久磁石埋め込み用穴を設けて、永久磁石を埋め込んだ回転子とからなる電動機であって、前記回転子鉄心の、永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する隣り合う前記スロットの間の距離を、前記回転子磁極の中心付近に位置する前記距離よりも小さくすることにより、回転子磁極の端付近では、永久磁石の磁束が回転子の外周面に流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面により多く流出することになる。そのため、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができるという作用を有する。

## 【0041】

また、請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明に、さらに、永久磁石による回転子磁極の中心付近から回転方向側に位置する隣り合うスロットの間の距離を、反回転方向側に位置する前記距離よりも大きくしたことにより、負荷運転時には固定子の巻線による磁束と永久磁石による磁束との合成磁束の回転子表面における分布の最大値は回転子磁極の中心より回転方向側に位置するが、前記位置の磁束が通る回転子のスロットの間の距離を大きくしたため、磁気飽和を防ぐことができるという作用を有する。

## 【0042】

また、請求項3に記載の発明によれば、固定子鉄心に巻線を巻装した固定子と、前記固定子鉄心の内径円筒面に対向して回転自在に回転し、回転子鉄心の外周付近に設けた複数のスロットに導体バーを配設して、前記導体バーの両端を短絡環で短絡して形成した始動用かご形導体を有するとともに、前記導体バーの内側に複数の永久磁石埋め込み用穴を設けて、永久磁石を埋め込んだ回転子とからなる電動機であって、前記スロットの径方向長さを箇所によって異なる寸法とするとともに、前記永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、前記回転子の他の箇所に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離よりも小さくすることにより、永久磁石から涌出する磁束が回転子磁極の端付近の外周面には流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面に、より多く流出することになる。そのため、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができるという作用を有する。

## 【0043】

また、請求項4に記載の発明によれば、請求項3に記載の発明に、さらに、回転子鉄心のスロットと永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、永久磁石による回転子磁極の端付近から回転子磁極の中心に向けて順次大きくすることにより、固定子巻線のつくる磁界の磁束が、回転子磁極の端部のスロットと永久磁石埋め込み用穴との間では少なく、磁極の中心に近づくにつれて各スロット間から流入する磁束が重畳されて多くなり磁極中心は最も多くなるが、前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の部分の磁気飽和を防ぐことができるという作用を有する。

## 【0044】

また、請求項5に記載の発明によれば、請求項1から4のいずれか1項に記載の発明に、さらに、永久磁石が希土類磁石で形成されていることにより、希土類磁石は残留磁束密度が高いので、永久磁石の体積を著しく小さくできるため、回

転子のスロット形状や永久磁石埋め込み用穴の位置や寸法の設定の自由度が増して、最適な回転子鉄心の形状が得られやすく、回転子または電動機を小型軽量化することができるという作用を有する。また、永久磁石の保磁力が大きいため、始動電流による大きな減磁界に対して容易に減磁を防ぐことができるという作用を有する。

【0045】

【実施例】

以下、本発明による自己始動形永久磁石式同期電動機の実施例について、図面を参照しながら説明する。なお、従来と同一の構成については同一の符号を付して詳細な説明は省略する。また固定子は一般的な自己始動形永久磁石式同期電動機と同様の構成であるため固定子についての説明も省略する。

【0046】

(実施例1)

図1を用いて説明する。図1は本発明の実施例1による自己始動形永久磁石式同期電動機の回転子の縦断面図を示す。図1において、1は回転子、2は回転子鉄心である。回転子鉄心2の外周付近に複数の導体バー4を配設するためのスロット3を設け、アルミダイカストにより前記導体バー4と回転子鉄心の軸方向の両端の短絡環（図示せず）を一体成形して始動用かご形導体を形成している。また前記導体バー4の内側に複数の永久磁石埋め込み用穴5を設けて、永久磁石6が埋め込まれている。

【0047】

ここで図1において2個の平板状の前記永久磁石を山形状に突き合わせて配置することにより1極の回転子磁極を形成しており、回転子全体で4個の前記永久磁石により2極の回転子磁極を形成している。T2およびT3は、永久磁石による回転子磁極の端付近に位置するスロットの間の距離を示し、T4は回転子磁極の中心付近に位置するスロットの間の距離を示す。ここで、T2およびT3はT4よりも小さく設定されている。

【0048】

図2は、固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布を示している。図2にお

いて縦軸は磁束密度  $B$  を表わし、横軸は回転子磁極の極間を原点としたときの空隙部の回転方向の角度  $\theta$  を表わす。回転子磁極の端付近では、 $T2$  および  $T3$  は、回転子磁極の中心付近の  $T4$  より小さいため、永久磁石 6 の磁束が回転子 1 の外周面に流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面により多く流出することになる。そのため、固定子と回転子 1 の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができ、従来のように所要の誘起電圧を得るために永久磁石の体積を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用したりしないでも、所要の脱調トルクや高い効率を持つ高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機とすることができる。

【0049】

(実施例 2)

図 3 は、本発明の実施例 2 による自己始動形永久磁石式同期電動機の回転子の縦断面図を示す。図 3 において、回転子 1 は矢印の方向に回転している場合を示している。負荷運転時には固定子の巻線による磁束と永久磁石 6 による磁束との合成磁束は、回転子磁極の中心より反回転方向側に位置するスロットの間 8 よりも、回転方向側に  $\theta 1$  ずれた位置にあるスロットの間 9 に多く流れる。スロットの間 9 の距離  $T8$  をスロットの間 8 の距離  $T9$  より広くしたことにより、スロットの間 9 部分の鉄心の磁気飽和を防ぐことができ、さらに良好な電動機特性を得ることができる。

【0050】

(実施例 3)

図 4 は、本発明の実施例 3 による自己始動形永久磁石式同期電動機の回転子の縦断面図を示す。図 4 において、スロット 10 は回転子磁極の中心付近に位置するスロットであり、スロット 11 および 12 は端付近に位置する。スロット 10 の径方向長さ  $H10$  とスロット 11 の径方向長さ  $H11$  とスロット 12 の径方向長さ  $H12$  をそれぞれ異なった寸法とするとともに、スロット 10 と永久磁石埋め込み用穴 5 との間の距離  $Y10$  よりも、スロット 11 およびスロット 12 と前



記永久磁石埋め込み用穴 5 との間の距離  $Y_{11}$ 、 $Y_{12}$  を小さくすることにより、永久磁石から涌出する磁束が回転子磁極の端付近の外周面には流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面に、より多く流出することになる。そのため、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができ、従来のように所要の誘起電圧を得るために永久磁石の体積を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用したりしないでも、所要の脱調トルクや高い効率を持つ高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機とすることができる。

## 【0051】

## (実施例 4)

図 5 は、本発明の実施例 4 による自己始動形永久磁石式同期電動機の回転子の縦断面図を示す。図 5 において、スロット 13、14、15、16、17、18、19 は、回転子磁極の中心から端に位置するスロットであり、それぞれのスロットと永久磁石埋め込み用穴 5 との間の距離  $Y_{13}$ 、 $Y_{14}$ 、 $Y_{15}$ 、 $Y_{16}$ 、 $Y_{17}$ 、 $Y_{18}$ 、 $Y_{19}$  を  $Y_{19}$  から  $Y_{13}$  へ順次大きくなるように設定されている。

## 【0052】

また図 5 の矢印の線は固定子巻線のつくる磁界の磁束が回転子 1 を通る様子を示している。なお図が繁雑になるため回転子の下半分のみに磁束の流れを表わし、上半分は省略している。図から明らかなように回転子磁極の端部のスロット 19 と永久磁石埋め込み用穴との間では固定子からの磁束は少なく、磁極の中心に近づくにつれて各スロット間から流入する磁束が重畳されて多くなり、磁極中心は最も多くの固定子巻線のつくる磁界の磁束が集中している。

## 【0053】

しかしながら、スロットと永久磁石埋め込み用穴との距離も回転子磁極の端部から中心に向けて順次大きくなるように設定してあるので、スロットと永久磁石埋め込み用穴との間の鉄心部の磁気飽和を防ぐことができ、良好な電動機特性を確保することができる。

## 【0054】

## (実施例5)

永久磁石がNd-Fe-B系の希土類磁石で形成されていることにより、Nd-Fe-B系の希土類磁石は残留磁束密度が高いので、永久磁石の体積を著しく小さくできるため、回転子のスロット形状や永久磁石埋め込み用穴の位置や寸法の設定の自由度が増して、最適な回転子鉄心の形状が得られやすく、回転子または電動機を小型軽量化することができる。また、Nd-Fe-B系の希土類磁石の保磁力が大きいため、始動電流による大きな減磁界に対して容易に減磁を防ぐことができる。

## 【0055】

なお、上記の全ての実施例においては、2極の例を用いたが、これに限られるものではなく、例えば4極等の他の磁極数を形成するような回転子についても同様である。

## 【0056】

また、上記の全ての実施例においては永久磁石が平板状のものを用いたが、これに限られるものではなく、例えば円弧状等他の形状の永久磁石を用いた回転子についても同様の施策を講じることができる。

## 【0057】

## 【発明の効果】

以上のように請求項1に記載の発明によれば、固定子鉄心に巻線を巻装した固定子と、前記固定子鉄心の内径円筒面に対向して回転自在に回転し、回転子鉄心の外周付近に複数の導体バーを配設するためのスロットを有し、前記導体バーの両端を短絡環で短絡して形成した始動用かご形導体を有するとともに、前記導体バーの内側に複数の永久磁石埋め込み用穴を有し、前記永久磁石埋め込み用穴に永久磁石が埋め込まれた回転子とからなる電動機において、前記回転子鉄心の、永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する隣り合う前記スロットの間の距離を、前記回転子磁極の中心付近に位置する前記距離よりも小さくすることにより、回転子磁極の端付近では、永久磁石の磁束が回転子の外周面に流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面により多く流出することにな

る。そのため、固定子と回転子との間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができ、従来のように所要の誘起電圧を得るために永久磁石の体積を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用したりしないでも、所要の脱調トルクや高い効率を持つ高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機とすることができる。

## 【0058】

また請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明に、さらに、永久磁石による回転子磁極の中心付近から回転方向側に位置する隣り合うスロットの間の距離を、反回転方向側に位置する前記距離よりも大きくしたことにより、負荷運転時には固定子の巻線による磁束と永久磁石による磁束との合成磁束の回転子表面における分布の最大値は回転子磁極の中心より回転方向側に位置するが、前記位置の磁束が通る回転子のスロットの間の距離を大きくしたため、前記位置の磁気飽和を防ぐことができるため、永久磁石の磁束を有効に活用することができ、また固定子巻線の電流を少なくすることができることから、さらに良好な電動機特性を得ることができる。

## 【0059】

また、請求項3に記載の発明によれば、固定子鉄心に巻線を巻装した固定子と、前記固定子鉄心の内径円筒面に対向して回転自在に回転し、回転子鉄心の外周付近に設けた複数のスロットに導体バーを配設して、前記導体バーの両端を短絡環で短絡して形成した始動用かご形導体を有するとともに、前記導体バーの内側に複数の永久磁石埋め込み用穴を設けて、永久磁石を埋め込んだ回転子とからなる電動機であって、前記スロットの径方向長さを箇所によって異なる寸法とするとともに、前記永久磁石による回転子磁極の端付近に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、前記回転子の他の箇所に位置する前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の距離よりも小さくすることにより、永久磁石から涌出する磁束が回転子磁極の端付近の外周面には流出しにくくなり、その分だけ回転子磁極の中心付近の外周面に、より多く流出することに

なる。そのため、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きくなるため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができ、従来のように所要の誘起電圧を得るために永久磁石の体積を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用したりしないでも、所要の脱調トルクや高い効率を持つ高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機とすることができる。

## 【0060】

また、請求項4に記載の発明によれば、請求項3に記載の発明に、さらに、回転子鉄心のスロットと永久磁石埋め込み用穴との間の距離を、永久磁石による回転子磁極の端付近から回転子磁極の中心に向けて順次大きくすることにより、固定子巻線のつくる磁界の磁束が、回転子磁極の端部のスロットと永久磁石埋め込み用穴との間では少なく、磁極の中心に近づくにつれて各スロット間から流入する磁束が重畳されて多くなり磁極中心は最も多くなるが、前記スロットと前記永久磁石埋め込み用穴との間の部分の磁気飽和を防ぐことができるため、永久磁石の磁束を有効に活用することができ、また固定子巻線の電流を少なくすることができることから、さらに良好な電動機特性を得ることができるという作用を有する。

## 【0061】

また、請求項5に記載の発明によれば、請求項1から4のいずれか1項に記載の発明に、さらに、永久磁石が希土類磁石で形成されていることにより、希土類磁石は残留磁束密度が高いので、永久磁石の体積を著しく小さくできるため、回転子のスロット形状や永久磁石埋め込み用穴の位置や寸法の設定の自由度が増して、最適な回転子鉄心の形状が得られやすく、回転子または電動機を小型軽量化することができるという作用を有する。また永久磁石の保磁力が大きいので、始動電流による大きな減磁界に対して容易に減磁を防ぐことができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の一実施の形態による回転子の縦断面図

【図 2】

固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布を示す図

【図 3】

本発明の一実施の形態による回転子の縦断面図

【図 4】

本発明の一実施の形態による回転子の軸方向断面図

【図 5】

本発明の一実施の形態による回転子の軸方向断面図

【図 6】

従来の自己始動形永久磁石式同期電動機の回転子の縦断面図

【図 7】

従来の自己始動形永久磁石式同期電動機の固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布が矩形波の場合を示す図

【図 8】

同磁束密度分布が台形波の場合を示す図

【図 9】

同磁束密度分布が矩形波の場合、磁束量－時間の関係を示す図

【図 10】

同磁束密度分布が台形波の場合、磁束量－時間の関係を示す図

【図 11】

同磁束密度分布が矩形波の場合、誘起電圧－時間の関係を示す図

【図 12】

同磁束密度分布が台形波の場合、誘起電圧－時間の関係を示す図

【図 13】

同磁束密度分布が台形波の場合、誘起電圧－角度  $\alpha$  を示す図

【符号の説明】

- 1 回転子
- 2 回転子鉄心
- 3 スロット

4 導体バー

5 永久磁石埋め込み用穴

6 永久磁石

T1、T2、T3、T4、T8、T9 スロットの間の距離

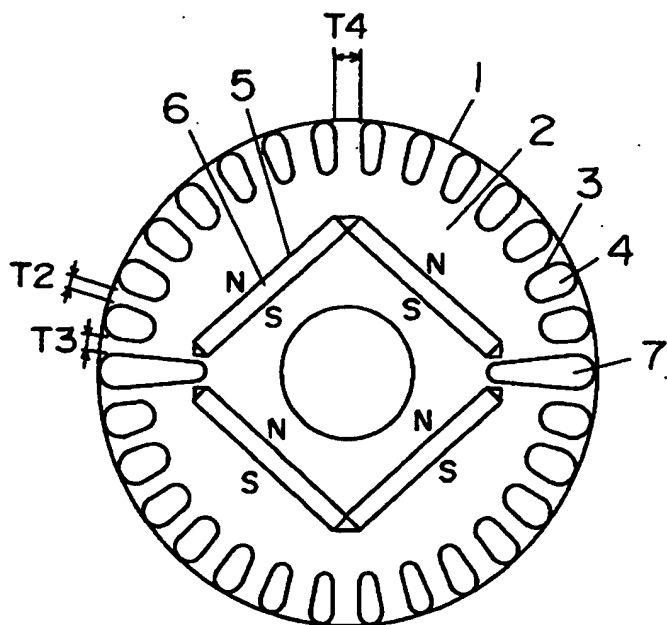
H1、H10、H11、H12 スロットの径方向長さ

Y10、Y11、Y12、Y13、Y14、Y15、Y16、Y17、Y18

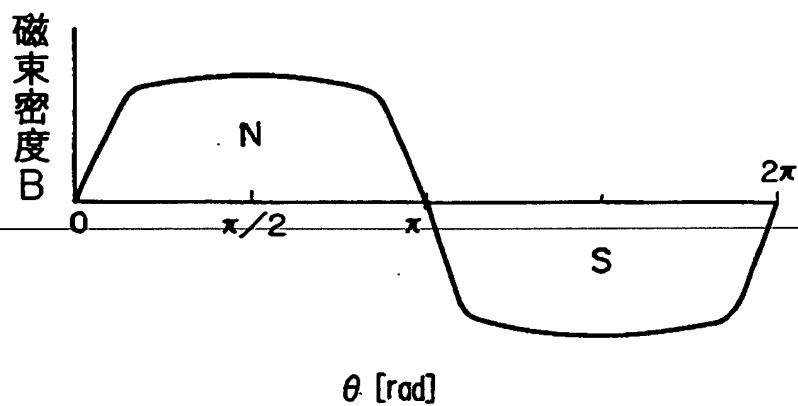
、Y19 スロットと永久磁石埋め込み用穴との間の距離

【書類名】 図面

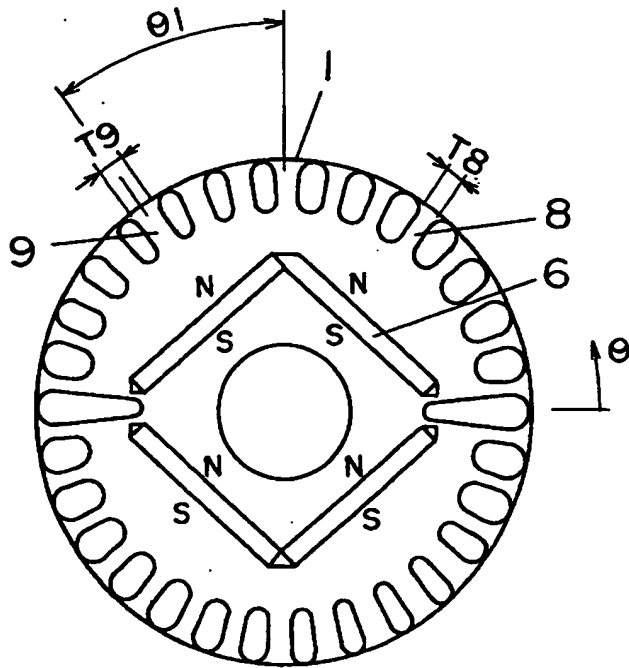
【図 1】



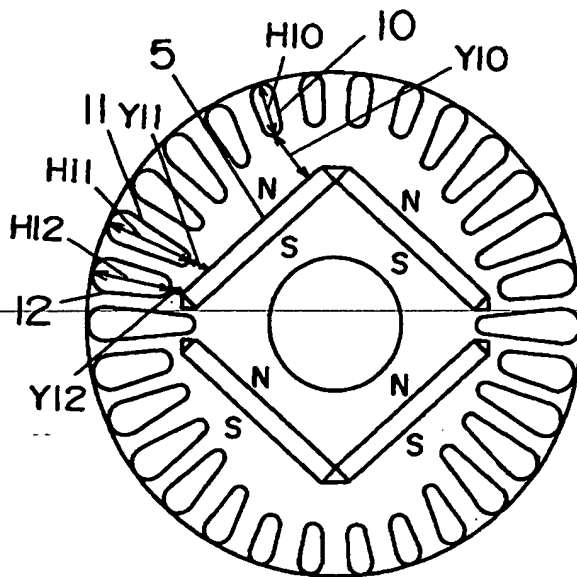
【図 2】



【図3】

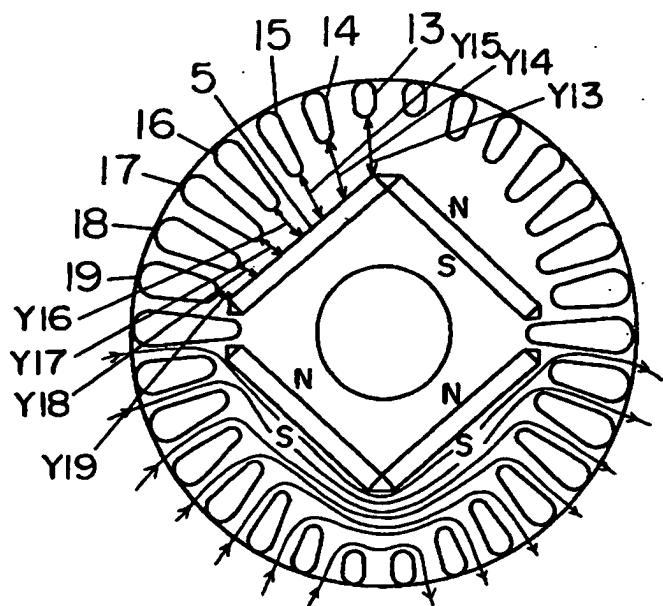


【図4】

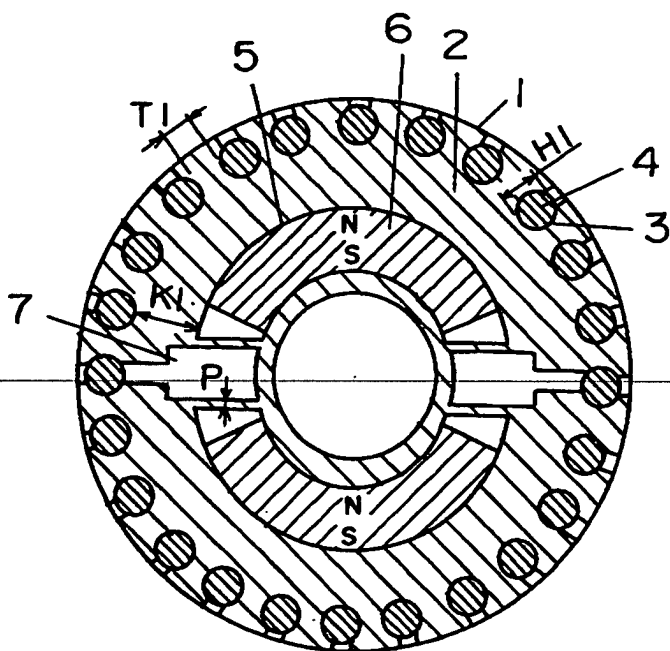




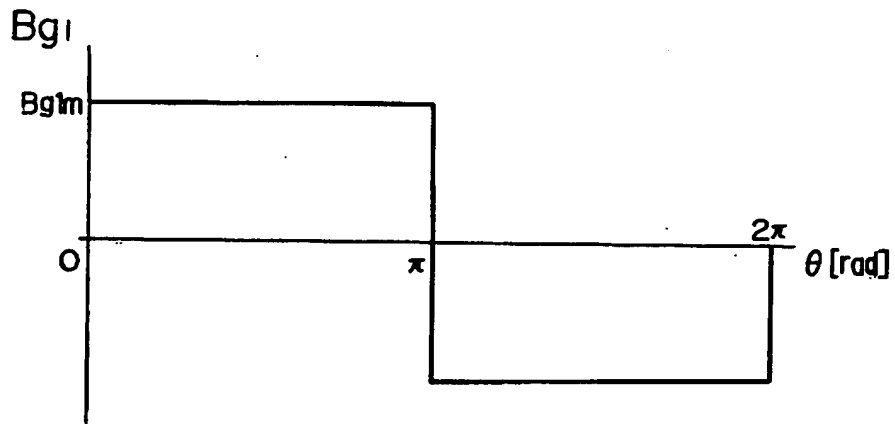
【図5】



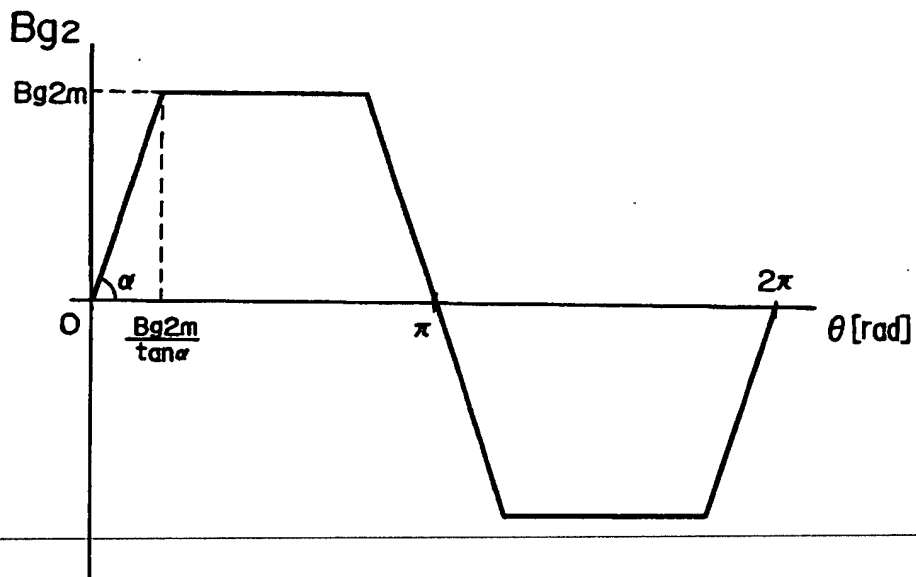
【図6】



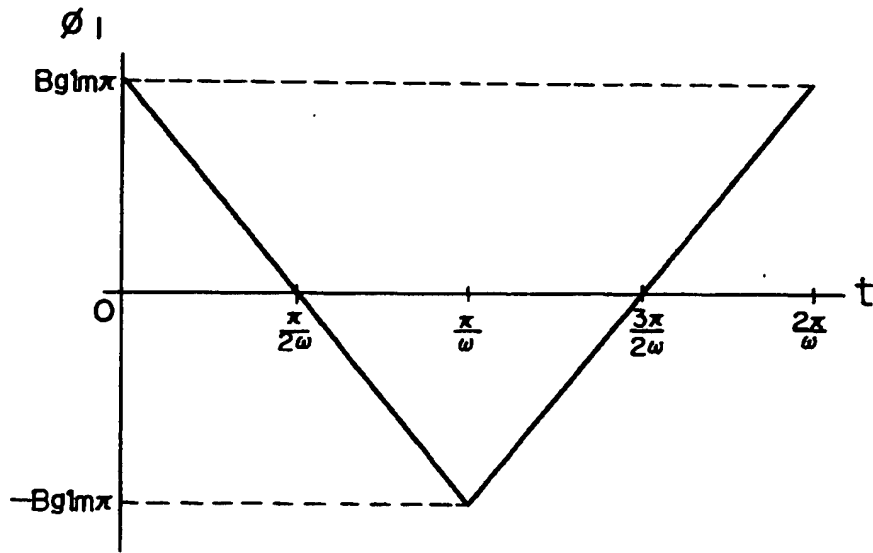
【図 7】



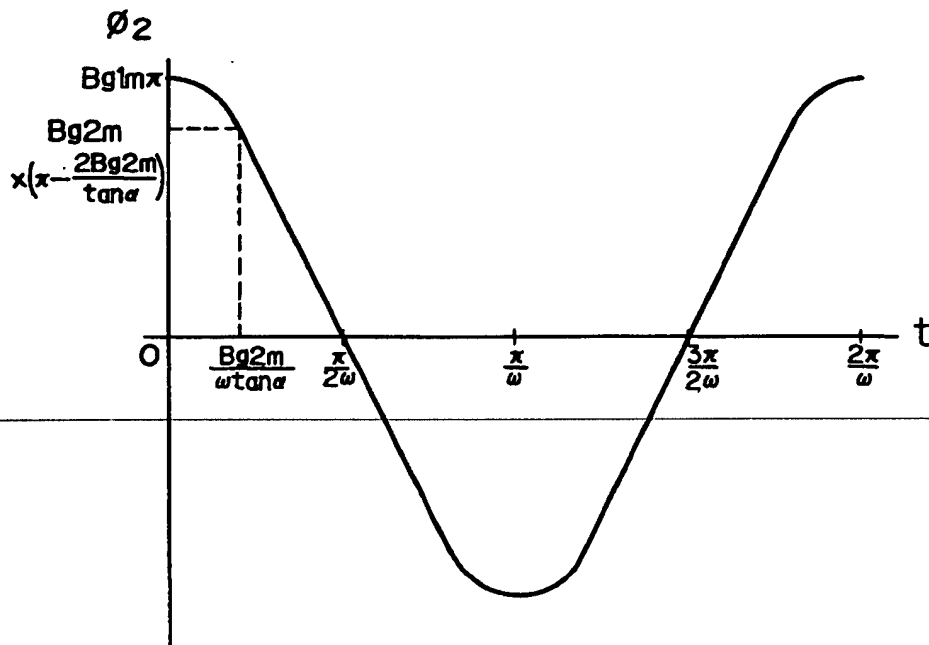
【図 8】



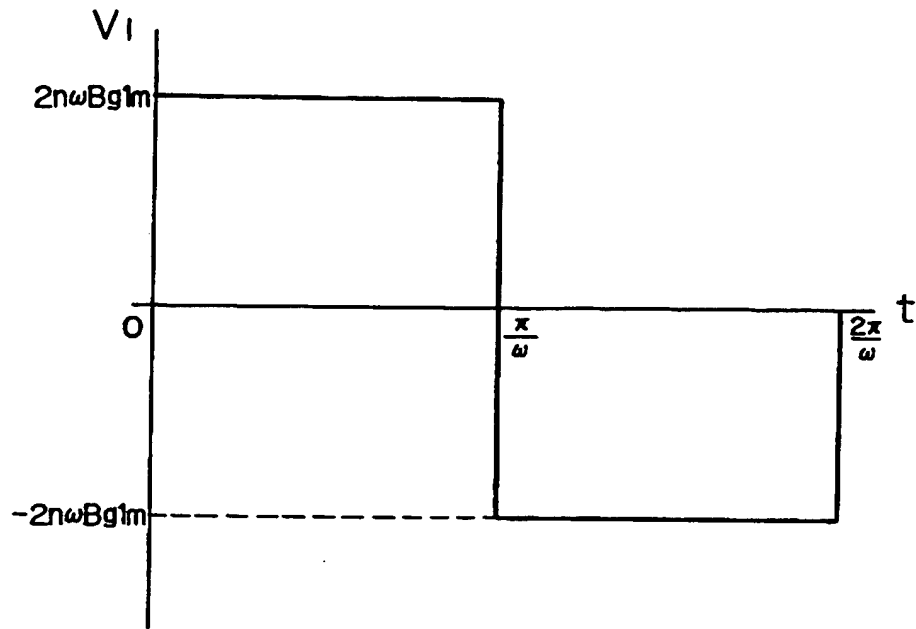
【図 9】



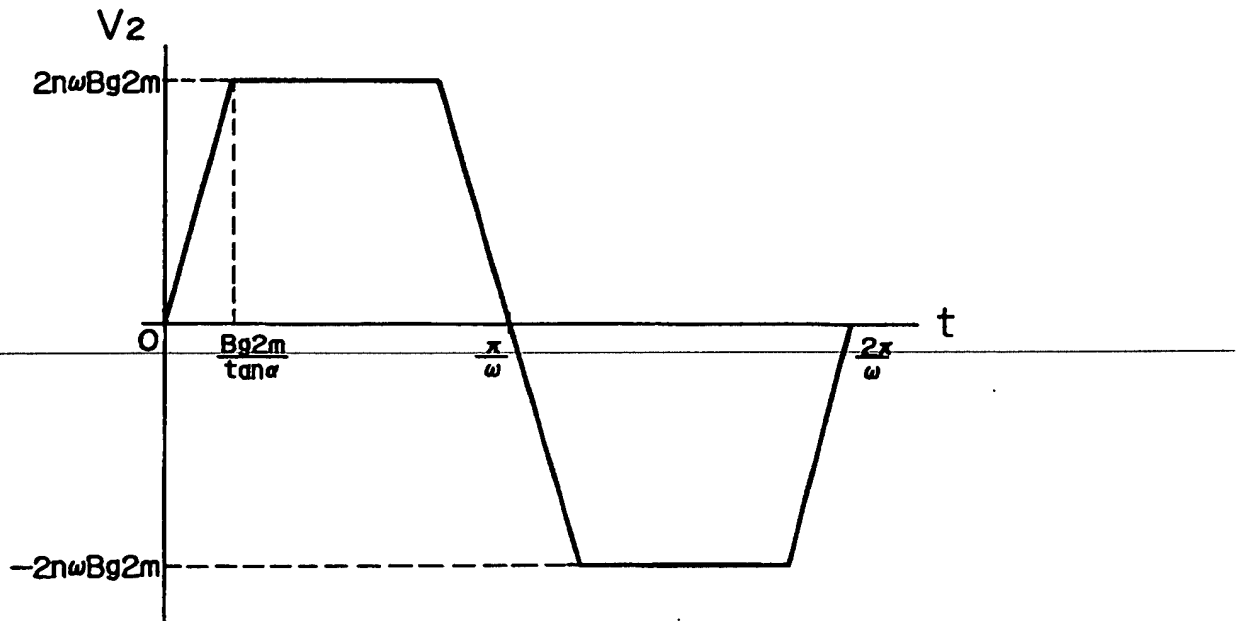
【図 10】



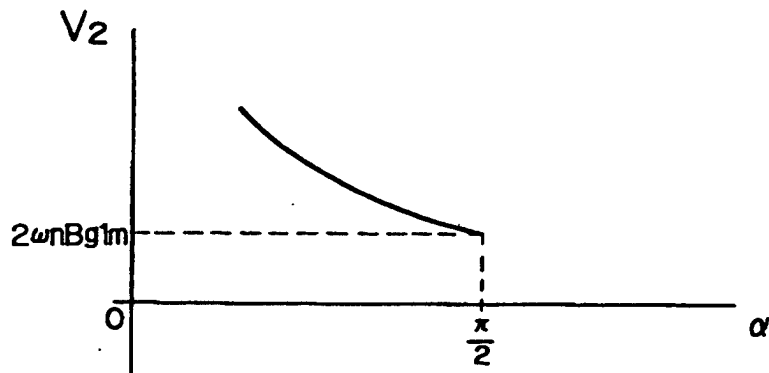
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 自己始動形永久磁石式同期電動機において、固定子と回転子の間の空隙部の磁束密度分布を台形波または正弦波近似にすることによって固定子の巻線に誘起される電圧を大きくすることができることにより、永久磁石を大きくしたり、高い残留磁束密度を有する永久磁石を使用せずに、高性能で安価な自己始動形永久磁石式同期電動機を提供する。

【解決手段】 回転子鉄心 2 の、永久磁石 6 による回転子磁極の端付近に位置する、隣り合うスロット 4 の間の距離  $T_2$  および  $T_{13}$  を、前記回転子磁極の中心付近に位置する前記距離  $T_4$  よりも小さくすることにより、固定子と回転子の間の空隙部における磁束密度分布は台形波または正弦波近似となり、矩形波の場合に比べて単位時間当たりの磁束の変化量が大きいため、固定子の巻線に誘起される誘起電圧を大きくすることができる。

【選択図】 図 1

特平11-203080

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社

---

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004488]

1. 変更年月日 1994年11月 7日

[変更理由] 住所変更

住 所 大阪府東大阪市高井田本通4丁目2番5号  
氏 名 松下冷機株式会社